

## 第四章 使用说明

### 4.0 基本功能号

曲线：

- 1：C1 参数三次样条闭曲线；
- 2：C2 参数三次样条闭曲线；
- 3：C1 参数三次样条开曲线；
- 4：C2 参数三次样条开曲线。

曲面：

- 1：弗格森双三次样条曲面；
- 2：孔斯双三次样条曲面；
- 3：参数双三次样条曲面。

### 4.1 曲线、曲面主界面进入与切换

本章包含曲线与曲面两个主界面。运行本章执行文件将进入缺省为曲线主界面。

单击“文件→新建→曲面”，切换进入曲面主界面。

单击“文件→新建→曲线”，切换返回曲线主界面。

### 4.2 曲线输入方式选择

#### 4.2.1 鼠标输入数据点

点击菜单“输入方式选择→输入数据点→鼠标输入”，即可单击输入数据点，右击退出输入。

#### 4.2.2 键盘输入数据点

点击菜单“输入方式选择→输入数据点→键盘输入”，然后输入数据点，每在两编辑框中分别输入数据点的一对  $x$  与  $y$  坐标，按一次“添加”按钮，由按“结束”按钮退出输入。

### 4.3 曲线类型选择

单击“曲线类型选择”弹出下列 4 个菜单项，选中一个曲线类型，即生成相应缺省条件下的该类型曲线。各类型曲线缺省条件及所生成曲线如下。

#### 4.3.1 C1 参数三次样条闭曲线

缺省条件：数据点参数化取规范弦长参数化，贝塞尔（Bessell）方法生成数据点处切矢。

生成曲线：一阶连续参数三次样条闭曲线。

#### 4.3.2 C2 参数三次样条闭曲线

缺省条件：数据点参数化取规范弦长参数化。

生成曲线：生成二阶参数连续的参数三次样条闭曲线。

#### 4.3.3 C1 参数三次样条开曲线

缺省条件：数据点参数化取规范弦长参数化。贝塞尔方法生成包括端点在内的数据点处切矢。

生成曲线：生成一阶参数连续的参数三次样条开曲线。

#### 4.3.4 C2 参数三次样条开曲线

缺省条件：数据点参数化取规范弦长参数化，两端取自由端点边界条件。

生成曲线：生成二阶参数连续的参数三次样条开曲线。

本章曲线也可按数据点参数化方法分类，这里把数据点参数化方法作为属性操作，详见 4.4.2。

### 4.4 曲线属性操作

#### 4.4.1 鼠标拖动数据点/端点切矢端

移动光标到某一数据点或端点切矢端，按住左键不放，移动鼠标到目标位置，曲线随之实时改变形状，直至松开左键为止。

对于曲线来说，即使不单击菜单项，也可实现鼠标拖动数据点/端点切矢端。

#### 4.4.2 数据点参数化方法

弹出数据点参数化方法对话框，可在 4 种参数化方法：规范均匀参数化、规范弦长参数化、规范向心参数化与规范福利参数化方法中任选一种。可见到不同的数据点参数化方法对曲线形状的影响。

#### 4.4.3 生成数据点切矢方法

属 C1 闭曲线与开曲线专用，单击菜单弹出“求切矢方法”对话框，可在 3 种方法：弗密尔(Fmill)方法、贝塞尔方法与秋间(Akima)方法中任选一种。

#### 4.4.4 改变 C1 开曲线端点切矢

属 C1 开曲线专用，单击菜单项，弹出“鼠标拖动”与“键盘输入”两个子菜单项。当选择“鼠标拖动”，曲线显示当前首末端切矢，即可拖动其矢端改变相应曲线端部的形状。若选择“键盘输入”，将弹出“边界切矢”对话框，对话框中显示的是当前边界切矢值，可予修改成希望值，然后按“确定”按钮，即生成修改边界切矢后的形状发生改变的曲线取代修改前的曲线。

#### 4.4.5 改变 C2 开曲线边界条件

属 C2 开曲线专用，单击菜单项，弹出“边界条件”对话框，首末端各有 6 种边界条件：自由端点条件、抛物线条件、切矢条件、虚节点条件、非节点条件与翼型条件。其中切矢条件既可鼠标拖动，也可键盘输入。若选“虚节点条件”将弹出对话框，要求输入虚节点参数。翼型条件是一种特殊的切矢条件，端部具有垂直切线，要求输入端点曲率半径绝对值，不必带正负号。对于前 5 种边界条件，两端可选相同或不同。特殊地，对于第六种边界条件即翼型条件，如一端取翼型条件，另一端只可取翼型条件或自由端点条件，且数据点必须大于 2，才可选翼型条件。

#### 4.4.6 计算显示/隐藏曲线上的点和导矢

点击弹出“输入参数值  $u$  和导矢阶数  $j$ ”对话框，输入后，按“确定”按钮，显示曲线上对应该参数的点  $p(u)$  及其  $j$  阶导矢。零阶导矢就是点  $p(u)$ ，高于次数 3 的高阶导矢都是零矢量，无显示。再单击菜单项，隐藏显示。

#### 4.4.7 转换成 B 样条表示

将当前曲线从分段三次埃尔米特表示转换成 B 样条表示，给出并显示在 B 样条表示下的控制顶点与节点矢量，节点矢量用重复度与节点值给出。

#### 4.4.8 显示相对曲率

在所绘曲线下方显示当前所绘曲线的相对曲率随参数变化的图形。

## 4.5 右键菜单功能

对于生成的各种类型的曲线图形，除可直接用鼠标左键拖动控制顶点修改曲线外，可以将光标指到某个数据点，然后右击，弹出右键菜单对输入的数据点进行添加、删除、修改操作，具体如下。

### 4.5.1 添加数据点

单击菜单项，在所选点之后，添加一个点。仅可选择“键盘输入数据点”，在弹出的对话框中直接用键盘输入点的坐标值，按“确定”按钮后，输入后，按确定按钮，即实时生成添加该数据点后的样条曲线。

### 4.5.2 删除数据点

单击菜单项，删除所选点，且实时生成删除该数据点后的样条曲线。

### 4.5.3 修改数据点

单击菜单项，在弹出的对话框内显示的是点的当前坐标，用键盘输入修改后点的坐标值，按“确定”按钮，即实时生成修改该数据点后的样条曲线。

## 4.6 曲面输入方式选择

单击菜单项，弹出包含“输入  $U$  向数据点数”、“鼠标输入数据点”与“键盘输入数据点”3个菜单项，其中后两项呈灰色，禁用。只可选输入  $U$  向数据点数。

### 4.6.1 输入 $U$ 向数据点数

单击菜单项，将弹出  $U$  向数据点数对话框，首次打开时，编辑框中显示的是缺省的  $U$  向数据点数 2，即最少点数。再次打开时，显示的是当前曲面的  $U$  向数据点数。可以不予改变，也可在编辑框中输入一个大于 1 的相异整数，按“确定”按钮退出。然后，可在“鼠标输入数据点”或“键盘输入数据点”两种不同输入方式中选择一种。

### 4.6.2 鼠标输入数据点

单击菜单项，即可在左上、左下、右上 3 个视图区中任意两个用鼠标输入数据点，先在一个视图区输入一点确定两个坐标，然后再在另一视图区输入一点确定第三个坐标。这时右下视图区也将显示该点的等轴测图。再输入下一个点，……，输入完成后右击退出。输入的点拓扑上构成矩形阵列。在各视图上均显示  $U$ 、 $V$  两个参数方向。

### 4.6.3 键盘输入数据点

单击菜单项，弹出“输入曲面数据点”对话框，沿  $U$  向逐点输入每个数据点的 3 个坐标，按所输入的  $U$  向数据点数，输入一排，再输下一排，直至输完希望的排数，按“结束”按钮退出，并在视图区右击，使曲面类型选择 3 个菜单项可选。

## 4.7 曲面类型选择

单击“曲面类型选择”菜单项，弹出下列 3 个菜单项，选中一个曲面类型，即生成相应缺省条件下的该类型曲面。各类型曲面缺省条件及所生成曲面如下。

### 4.7.1 弗格森双三次样条曲面

缺省条件：数据点参数化双向（指  $U$  与  $V$  两个参数方向，下同）只能取规范均匀参数化，双向两端均取自由端点条件。数据点阵四角点扭矢均取成零矢量。

生成曲面：弗格森双三次样条曲面，仅双向过数据点参数曲线，称之为数据点网线，具

有二阶参数连续性，曲面片间仅具有一阶参数连续性。

#### 4.7.2 孔斯双三次样条曲面

缺省条件：数据点参数化双向只能取规范均匀参数化，双向两端均取自由端点条件。数据点阵四角点扭矢由自由端点条件决定，一般地为非零矢量。

生成曲面：孔斯双三次样条曲面，具有二阶参数连续性。

#### 4.7.3 参数双三次样条曲面

缺省条件：数据点参数化取双向规范弦长参数化，双向两端均取自由端点条件。数据点阵四角点扭矢由自由端点条件决定，一般地为非零矢量。

生成曲面：参数双三次样条曲面，具有二阶参数连续性。

### 4.8 曲面属性操作

#### 4.8.1 鼠标拖动数据点/端点切矢矢端/角点扭矢矢端

单击菜单项，光标指到某一数据点或数据点跨界切矢矢端或角点混合偏导矢矢端，按住左键不放，移动鼠标使数据点或矢端跟随移动，曲面形状随之改变，直至移动到目标位置，松开鼠标左键，随之显示数据点或端点切矢矢端或角点扭矢矢端改变后曲面的形状。若仅移动边界数据点，则作为边界条件的跨界切矢仅作相应平移，方向与模长不变。类似地，若仅移动数据点阵的四角点之一，则角点处的两个切矢与混合偏导矢也仅作相应平移，方向与模长不变。而移动数据点跨界切矢矢端或角点混合偏导矢矢端，数据点不发生改变，曲面形状将发生改变。

鼠标拖动曲面数据点或矢端时，涉及大量内部计算，有可能因操作原因，计算机反应不及时而出现图形显示问题。为避免该情况出现，建议鼠标拖时，尽量缓慢移动。

特别需要说明的是，当鼠标拖动在某一视图内进行时，有可能影响到其他视图内切矢或偏导矢，倘若在这过程中发生在某个视图上某个切矢或偏导矢出现零长度时，会突然把该切矢或偏导矢画到原点。经查程序中数据正常。为此在程序中已经采取措施，当出现该情况时不予绘制，相应又会出现这些切矢或偏导矢隐而不见的问题。造成该两问题的原因还不很明朗。特提请用户注意。当出现这两问题之一时，可以将边界条件都改用缺省的自由端点条件，然后又再次改回到原来的边界条件，所有的切矢与偏导矢又将正常显示。当然，如果再次拖动时，还可能再次出现类似问题。

#### 4.8.2 数据点参数化方法

属参数双三次样条曲面专用。弹出“数据点参数化方法”对话框，可在双向4种参数化方法：规范均匀参数化、规范弦长参数化、规范向心参数化与规范福利参数化方法中各任选一种。双向可取相同或不同的参数化方法。可见到不同的数据点参数化方法对曲面形状的影响。

#### 4.8.3 改变曲面数据点

单击菜单项，将弹出输入曲面数据点序号对话框，输入序号后按确定按钮退出，又弹出输入点的坐标对话框，其中编辑框中显示的是所要修改数据点的当前坐标值，输入新坐标值后，按确定按钮退出，即生成并显示该数据点到达的新位置及其改变了的曲面图形。

#### 4.8.4 改变C2曲面边界条件

双向两端均可取五种边界条件，双向可取相同或不同的边界条件，每向两端也可取相同或不同的边界条件，其中切矢条件既可用鼠标拖动，也可键盘输入。

#### 4.8.5 改变角点扭矢

属孔斯双三次样条曲面与参数双三次样条曲面专用，弹出“鼠标拖动”与“键盘输入”两子菜单项。仅在双向边界条件都取成切矢条件时可用。

#### 4.8.6 显示/隐藏数据点网线

单击菜单项可隐藏数据点网线，再次单击显示数据点网线。

#### 4.8.7 计算显示/隐藏曲面上点和偏导矢

单击弹出“输入参数值( $u,v$ )和偏导矢阶数( $i,j$ )”对话框，输入后，按“确定”按钮，显示曲面上对应该两参数的点  $p(u, v)$  及其关于  $u$  参数  $i$  阶、关于  $v$  参数  $j$  阶的偏导矢。 $i=j=0$  的零阶偏导矢就是曲面上点  $p(u, v)$ ， $i$  或  $j$  高于次数 3 的高阶偏导矢都是零矢量，无显示。再次单击菜单项，隐藏显示。

#### 4.8.8 显示/隐藏转换到 B 样条表示

将当前曲面从双三次埃尔米特表示转换成 B 样条表示，给出并显示在 B 样条表示下的控制网格顶点与两个参数方向的节点矢量  $U$  与  $V$ ，节点矢量用重复度与节点值给出。3 种样条曲面因都是开曲面，两个参数方向的节点矢量两端点都是四重节点，孔斯双三次样条曲面与参数双三次样条曲面的内节点重复度均为 1，弗格森双三次样条曲面的内节点重复度均为 2。弗格森双三次样条曲面与孔斯双三次样条曲面恒具有均匀分布的节点值，参数双三次样条曲面因可选择不同的曲面数据点参数化方法，可具有均匀或非均匀分布的节点值。